

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of
the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- BLURRY OR ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLATED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY DARK BLACK AND WHITE PHOTOS
- UNDECIPHERABLE GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-245125

(43)Date of publication of application : 19.09.1997

(51)Int.Cl.

G06K 9/62
G10L 3/00

(21)Application number : 08-049035

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 06.03.1996

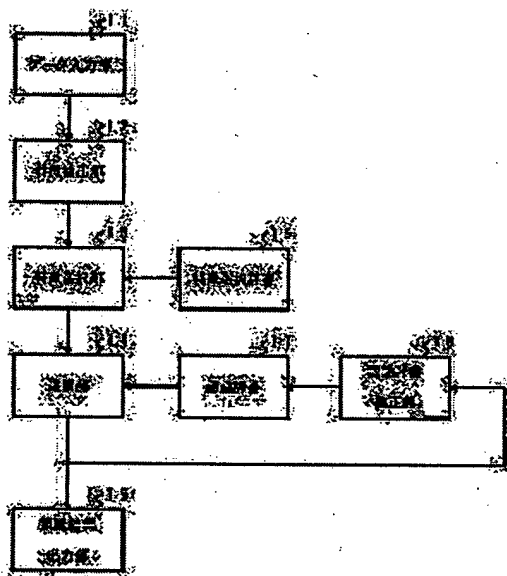
(72)Inventor : KAWAMURA AKINORI
NITTA TSUNEO

(54) PATTERN RECOGNITION DEVICE AND DICTIONARY CORRECTING METHOD IN THE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a memory capacity for a recognizing dictionary, to reduce a calculation quantity for recognition and to attain recognizing performance equivalent to conventional one.

SOLUTION: An evaluation value is calculated by successively inputting many learning patterns from a data inputting part 11 at the time of a dictionary learning mode, extracting an n-dimensional feature vector from the learning patterns by a feature extraction part 12 every time, furthermore selecting an m-dimensional feature vector ($m < n$) from the n-dimensional feature vector through the use of a feature selecting dictionary 16 by a feature selection part 13 and collating the selected feature vector and a recognition dictionary 17 (each reference vector in it) by a recognition part 14. Then recognizing processing outputting a recognizing candidate in an order based on the calculating result is executed, the degree of erroneous recognition is detected by a recognition dictionary correcting part 18 based on the result of the recognition processing and the recognition dictionary 17 is corrected so as to reduce the degree of the erroneous recognition. These series of processings are repeated previously fixed number of times.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-245125

(43) 公開日 平成9年(1997)9月19日

| (51) Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|---------|--------------|---------|
| G 0 6 K 9/62 | 6 4 0 | 9061-5H | G 0 6 K 9/62 | 6 4 0 A |
| G 1 0 L 3/00 | 5 2 1 | | G 1 0 L 3/00 | 5 2 1 F |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-49035

(22) 出願日 平成8年(1996)3月6日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 河村 聡典

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社
東芝柳町工場内

(72) 発明者 新田 恒雄

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社
東芝柳町工場内

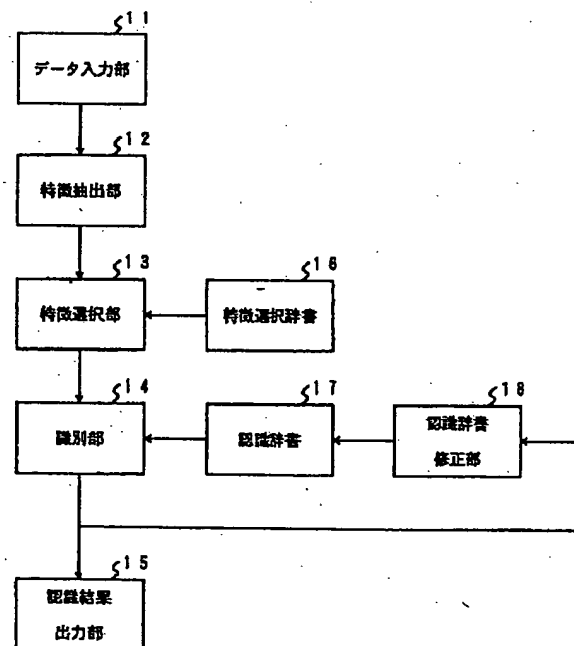
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 パターン認識装置及び同装置における辞書修正方法

(57) 【要約】

【課題】 認識辞書のためのメモリ容量が小さく、且つ認識のための計算量が小さくて済み、しかも従来と同等の認識性能を達成できるようにする。

【解決手段】 辞書学習モード時に、多数の学習パターンをデータ入力部11により順次入力して、その都度、その学習パターンから特徴抽出部12によりn次元特徴ベクトルを抽出し、更にそのn次元特徴ベクトルから特徴選択部13により特徴選択辞書16を用いてm次元の特徴ベクトル($m < n$)を選択し、その選択特徴ベクトルと認識辞書17(内の各参照ベクトル)とを識別部14にて照合することで評価値を算出し、その算出結果に基づき順番で認識候補を出力する認識処理を行い、その認識処理の結果をもとに認識辞書修正部18にて誤認識の度合いを検出し、その誤認識の度合いが小さくなるように認識辞書17を修正する一連の処理を、予め定められた回数だけ繰り返す構成とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力パターンから n 次元の特徴ベクトルを抽出する特徴ベクトル抽出手段と、
 n 次元特徴ベクトルから m 次元特徴ベクトル($m < n$)を選択するのに用いられる特徴選択辞書と、
 m 次元特徴ベクトルの認識に用いられる m 次元参照ベクトルの集合からなる認識辞書と、
 前記特徴ベクトル抽出手段により抽出された n 次元特徴ベクトルから前記特徴選択辞書を用いて認識に有効な m 次元特徴ベクトルを選択する特徴選択手段と、
 前記特徴選択手段により選択された m 次元特徴ベクトルと前記認識辞書とを照合することで評価値を算出し、その算出結果に基づく順番で認識候補を出力する識別手段と、
 辞書学習モード時に、前記識別手段の出力結果に基づいて誤認識の度合いを検出し、その誤認識の度合いが小さくなるように前記認識辞書を修正する認識辞書修正手段とを具備することを特徴とするパターン認識装置。

【請求項2】 入力パターンから n 次元の特徴ベクトルを抽出する特徴ベクトル抽出手段と、
 n 次元特徴ベクトルから m 次元特徴ベクトル($m < n$)を選択するのに用いられる特徴選択辞書と、
 m 次元特徴ベクトルの認識に用いられる m 次元参照ベクトルの集合からなる認識辞書と、
 前記特徴ベクトル抽出手段により抽出された n 次元特徴ベクトルから前記特徴選択辞書を用いて認識に有効な m 次元特徴ベクトルを選択する特徴選択手段と、
 前記特徴選択手段により選択された m 次元特徴ベクトルと前記認識辞書とを照合することで評価値を算出し、その算出結果に基づく順番で認識候補を出力する識別手段と、
 辞書学習モード時に、前記識別手段の出力結果に基づいて誤認識の度合いを検出し、その誤認識の度合いが小さくなるように前記特徴選択辞書を修正する特徴選択辞書修正手段と、
 辞書学習モード時に、前記識別手段の出力結果に基づいて誤認識の度合いを検出し、その誤認識の度合いが小さくなるように前記認識辞書を修正する認識辞書修正手段とを具備することを特徴とするパターン認識装置。

【請求項3】 入力パターンから n 次元の特徴ベクトルを抽出し、この抽出した n 次元特徴ベクトルから特徴選択辞書を用いて認識に有効な m 次元特徴ベクトル($m < n$)を選択し、この選択した m 次元特徴ベクトルと m 次元参照ベクトルの集合からなる認識辞書とを照合することで評価値を算出して、その算出結果に基づく順番で認識候補を出力する認識処理を行うパターン認識装置における辞書修正方法であって、
 辞書学習モード時に、多数の学習パターンを順次入力して、その都度その学習パターンを対象として前記認識処理を行い、その認識処理の結果をもとに誤認識の度合い

を検出して、その誤認識の度合いが小さくなるように前記認識辞書を修正する一連の処理を、予め定められた回数だけ繰り返すようにしたことを特徴とするパターン認識装置における辞書修正方法。

【請求項4】 入力パターンから n 次元の特徴ベクトルを抽出し、この抽出した n 次元特徴ベクトルから特徴選択辞書を用いて認識に有効な m 次元特徴ベクトル($m < n$)を選択し、この選択した m 次元特徴ベクトルと m 次元参照ベクトルの集合からなる認識辞書とを照合することで評価値を算出して、その算出結果に基づく順番で認識候補を出力する認識処理を行うパターン認識装置における辞書修正方法であって、

辞書学習モード時に、多数の学習パターンを順次入力して、その都度その学習パターンを対象として前記認識処理を行い、その認識処理の結果をもとに誤認識の度合いを検出して、その誤認識の度合いが小さくなるように前記特徴選択辞書及び前記認識辞書を修正する一連の処理を、予め定められた回数だけ繰り返すようにしたことを特徴とするパターン認識装置における辞書修正方法。

【請求項5】 前記認識辞書の修正処理では、認識の対象となった学習パターンと同一カテゴリである正解カテゴリの参照ベクトルのうち最も上位候補であった参照ベクトルと、その学習パターンと異なるカテゴリである不正解カテゴリの参照ベクトルのうち最も上位候補であった参照ベクトルについて修正がなされることを特徴とする請求項3または請求項4記載のパターン認識装置における辞書修正方法。

【請求項6】 前記誤認識の度合いを表すのに、学習パターンから抽出された n 次元特徴ベクトルより選択された m 次元特徴ベクトルと正解カテゴリの参照ベクトルとの一致度が、不正解カテゴリの参照ベクトルとの一致度よりも大きいほど第1の境界値に近づき、逆に小さいほど前記第1の境界値とは異なる第2の境界値に近づく損失関数を用いるようにしたことを特徴とする請求項5記載のパターン認識装置における辞書修正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、文字認識、音声認識等に用いて好適なパターン認識装置及び同装置における辞書修正方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から様々なパターン認識手法が提案されている。この従来から提案されているパターン認識の手法は、各パターンの違いを記述された識別ルールという知識を利用して識別する手法と、多量のサンプルデータから、人手を介さずに、統計的に処理することにより作成した認識用の辞書を使用して認識を行う、統計的パターン認識手法とに大別される。

【0003】統計的パターン認識手法では、入力されたパターンから様々な特徴値を抽出して、それを並べて n

3

次元の特徴ベクトルとして扱い、その n 次元特徴空間の中での特徴ベクトルの分布を統計的に調べることににより、カテゴリ毎に作成された認識辞書を使用し、入力パターンから抽出された特徴ベクトルと各カテゴリの辞書との照合結果の評価値に基づいて認識結果を出力するものである。

【0004】このような統計的パターン認識手法の代表的なものとして、部分空間法、疑似ベイズ識別法などが知られている（電子通信情報学会論文誌、1995年11月 Vol. J78-D-II No. 11 pp. 1627-1638）。

【0005】例えば部分空間法は、各カテゴリの n 次元特徴ベクトルの分布を m 次元部分空間（ $m < n$ ）で記述し、その部分空間の正規直交基底ベクトルをもって辞書（認識辞書）とし、入力特徴ベクトルの各カテゴリ部分空間への射影値を評価値として、その評価値の高い順に認識結果を出力する手法である。この手法は、統計的手法によりパターンの変動をうまく記述でき、高い認識性能を達成できるため、文字認識、音声認識などのパターン認識の分野で広く適用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで最近、高性能のパーソナルコンピュータの普及に伴い、ソフトウェア処理によって、小さいメモリ容量で、高速に且つ高性能なパターン認識が可能な手法に対する要求が高まっている。

【0007】しかしながら、上記した従来の認識手法では、認識辞書のためのメモリ容量、認識処理計算量が共に大きい。例えば、日本語文字認識に部分空間法を適用する場合の計算量について考えてみる。まず、識別カテゴリ数をJIS第1水準文字として約3000カテゴリ、識別に使用する特徴量として256次元特徴、部分空間の次元数として16次元とする。この場合、入力特徴ベクトルと1つのカテゴリの辞書との評価値、即ち入力特徴ベクトルの部分空間への射影量を求めるには、16次元部分空間を表す16個の正規直交基底ベクトルへの射影の値を計算する必要があることから、 256×16 回の積和演算が必要となる。識別には、各カテゴリの辞書との評価値を計算する必要があるため、合計では $256 \times 16 \times 3000 = 12288000$ 回の積和演算が必要となる。

【0008】次に、上記の例における認識辞書容量について考えてみる。ここでは、各カテゴリの各正規直交基底ベクトルを表現する必要があるため、ベクトルの1要素を例えば1バイトで表現した場合には、認識辞書容量は、 $256 \times 16 \times 3000 \times 1 \text{ byte (バイト)} = 12288000 \text{ byte (バイト)} = 11.7 \text{ Mbyte (メガバイト)}$ となる。

【0009】このように、従来手法では、認識処理計算量が大きいため、専用のハードウェアなしでは高速な実行ができないという問題があった。また、認識辞書に必

4

要なメモリ容量も巨大であり、コストが高くなるという問題もあった。

【0010】そこで、このような問題を解決するために、特徴選択により特徴次元数を削減してから部分空間法や疑似ベイズ識別法を適用するという手法も知られている（電子通信情報学会論文誌、1995年11月 Vol. J78-D-II No. 11 pp. 1627-1638）。

【0011】しかし、その場合には、計算量、辞書容量の削減に伴い、認識性能も低下するという問題があった。本発明は上記事情を考慮してなされたものでその目的は、認識辞書等のためのメモリ容量が小さく、且つ認識のための計算量が小さくて済み、しかも従来と同等の認識性能を達成できるパターン認識装置及び同装置における辞書修正方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、入力パターンから n 次元の特徴ベクトルを抽出し、この抽出した n 次元特徴ベクトルから特徴選択辞書（例えば多数の学習パターンの特徴ベクトルの集合を対象とする主成分分析により作成された特徴選択辞書）を用いて認識に有効な m 次元特徴ベクトル（ $m < n$ ）を選択し、この選択した m 次元特徴ベクトルと m 次元参照ベクトルの集合からなる認識辞書とを照合することで評価値を算出して、その算出結果に基づく順番で認識候補を出力する認識処理を行うパターン認識装置において、辞書学習モード時に、多数の学習パターンを順次入力して、その都度その学習パターンを対象として上記の認識処理を行い、その認識処理の結果をもとに誤認識の度合いを検出して、その誤認識の度合いが小さくなるように上記認識辞書を修正する一連の処理（競合学習処理）を、予め定められた回数だけ繰り返すようにしたことを特徴とする。

【0013】また本発明は、認識辞書の修正時に、当該認識辞書の修正と同様にして特徴選択辞書も修正するようにしたことを特徴とする。ここで、認識辞書修正の対象となる参照ベクトルとして、認識の対象となった学習パターンと同一カテゴリである正解カテゴリの参照ベクトルのうち最も上位候補であった参照ベクトルと、その学習パターンと異なるカテゴリである不正解カテゴリの参照ベクトルのうち最も上位候補であった参照ベクトルを、その学習パターンに対する認識処理の結果から選択すればよい。

【0014】また、誤認識の度合いを表すのに、学習パターンから抽出された n 次元特徴ベクトルより選択された m 次元特徴ベクトルと正解カテゴリの参照ベクトルとの一致度（距離）が、不正解カテゴリの参照ベクトルとの一致度（距離）よりも大きい（短い）ほど第1の境界値（例えば0）に近づき、逆に小さい（長い）ほど第1の境界値とは異なる第2の境界値（例えば1）に近づく損失関数を用いるとよい。

【0015】本発明においては、特徴選択により識別に

使用する特徴量を削減するようにしているため、認識辞書容量及び認識計算量を低く抑えることができ、しかも辞書学習モードで学習パターンに対する認識結果に基づいて競合学習により認識辞書を修正することで、その修正された認識辞書を使用した認識処理が可能となるため、高精度の認識性能を実現することが可能となる。

【0016】また本発明においては、認識辞書だけでなく、特徴選択辞書も学習パターンに対する認識結果に基づいて修正することで、その修正された特徴選択辞書を用いた特徴選択が可能となるため、識別に有効な特徴を選択できるようになり、一層高精度の認識性能を実現することが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態につき図面を参照して説明する。

【第1の実施形態】図1は本発明の第1の実施形態に係るパターン認識装置の概略構成を示すブロック図である。図1に示すパターン認識装置は、パターン認識のためのソフトウェア処理を実行するパーソナルコンピュータ等を用いて実現されるもので、データ入力部11、特徴抽出部12、特徴選択部13、識別部14、認識結果出力部15、特徴選択辞書16、認識辞書17、及び認識辞書修正部18の機能要素から構成される。なお、装置全体を制御する制御部等は省略されている。

【0018】データ入力部11は、認識の対象となる(文字パターン、音声パターン等の)データ(パターンデータ)を入力する。特徴抽出部12は、データ入力部11により入力されたデータ(入力パターン)から n 次元の特徴ベクトルを抽出する。

【0019】特徴選択部13は、特徴抽出部12により抽出された n 次元特徴ベクトルから特徴選択辞書16を用いて認識に有効な m 次元特徴ベクトル($m < n$)を選択する。

【0020】識別部14は、特徴選択部13により選択された m 次元特徴ベクトルと認識辞書17とを照合することで評価値を算出し、その算出結果に基づく順番で(ここでは、評価値の高い順に)認識候補を出力する。

【0021】認識結果出力部15は、識別部14から出力された認識候補を例えば表示装置(図示せず)に表示する。特徴選択辞書16は、 n 次元特徴ベクトルから m 次元特徴ベクトル($m < n$)を選択するのに用いられる。

$$X' = PX$$

に従って、 n 次元特徴 X から m 次元特徴 X' が選択される。

【0028】この特徴選択辞書16($=P$)は、多数の学習パターンから抽出した特徴ベクトルを用いて、例えば以下の手順で設計される。まず、辞書作成に使用する

*【0022】認識辞書17は、 m 次元特徴ベクトルの認識に用いられる m 次元参照ベクトルの集合からなる。認識辞書修正部18は、識別部14の認識結果に基づいて誤認識の度合いを検出し、その誤認識の度合いが小さくなるように認識辞書17を修正する。

【0023】次に、図1の構成の動作を図2乃至図6を適宜参照して説明する。本実施形態では、キーボード、マウス、スイッチ等の入力手段を用いて実現される図示せぬモード指定部により、パターン認識処理を実行する認識モードと、認識辞書17を学習(修正)するための学習処理(認識辞書修正処理)を実行する辞書学習モードが選択指定できるようになっている。

【0024】以下、(a)認識モードでの認識処理、(b)辞書学習モードでの学習処理(認識辞書修正処理)について、順に説明する。

(a)認識モードでの認識処理

まず、図1の装置が認識モードに設定された場合における認識処理について、図2のフローチャートを参照して説明する。

【0025】データ入力部11は、文字パターンあるいは音声パターン等のパターン認識の対象となるパターンを入力する。特徴抽出部12は、データ入力部11により入力されたパターンから特徴を抽出する(ステップS1)。文字認識を例にとると、例えば図3に示すように 15×15 画素の2値文字パターンが入力された場合には、その白画素を“0”、黒画素を“1”として、左上端から右下端まで順に走査して得られるベクトル(0, 0, ..., 1, 1, ..., 0)を抽出、それを特徴ベクトルとする。

【0026】特徴選択部13は、特徴抽出部12により抽出された n 次元特徴(上記の文字パターンの例では、 $n = 15 \times 15 = 225$)から、識別に必要となる m 次元特徴($m < n$)を選択する(ステップS2)。このステップS2では、「選択」という名称を使用しているが、 n 個の特徴ベクトルの要素の中から m 個を選び出すという操作ではなく、特徴選択辞書16を用いて次のような演算が行われる。

【0027】即ち、入力特徴(特徴抽出部12により抽出された n 次元特徴)を n 次元のベクトル $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ (但し、 T は転置を表す記号)で表現し、特徴選択辞書16を $m \times n$ 行列で P で表現するものとする、ステップS2では、次式

$$\dots(1)$$

n 次元特徴ベクトル集合を $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ とする。これから、次式(2)に従って $n \times n$ 行列 K を計算する。

【0029】

【数1】

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i X_i^T$$

... (2)

【0030】次に、この行列Kの固有ベクトルを対応す

$$P = (\phi_1 \phi_2 \dots \phi_m)^T$$

で定義される $m \times n$ 行列Pを特徴選択辞書16とする。

上記行列Kの固有ベクトルは、対応する固有値の大きい順に、特徴ベクトル集合の分布の第1軸、第2軸、...を*

$$x'_i = (X, \phi_i)$$

であるから、即ち x'_i はXと ϕ_i との内積であるから、上記のようにして求められた特徴選択辞書16(=P)による特徴選択は、学習特徴ベクトル集合の主成分空間への射影という意味を持つ。なお、固有値 ϕ_i に対*

$$P = \left(\frac{\phi_1}{\sqrt{\lambda_1}} \quad \frac{\phi_2}{\sqrt{\lambda_2}} \quad \dots \quad \frac{\phi_m}{\sqrt{\lambda_m}} \right)^T \dots (5)$$

る固有値の大きい順に ϕ_1, ϕ_2, \dots として、

... (3)

*表現している。

【0031】ここで、上記式(1)より、 $X' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_n)^T$ とした場合に、

... (4)

10 ※対応する固有値を λ_i とした場合に、 $m \times n$ 行列P(特徴選択辞書16)を次式のようにしてもよい。

【0032】

【数2】

【0033】この $m \times n$ 行列P(特徴選択辞書16)は、各主軸への学習パターンへの射影値の分散を正規化したものである。さて、特徴選択部13により上記(1)式に従って選択された m 次元特徴(特徴ベクトル) X' は識別部14に渡される。識別部14は、この選択された特徴ベクトル X' を認識辞書17と照合し、カテゴリに分類することで、認識候補を出力する識別処理を行う(ステップS3)。このステップS3の詳細は次の通りである。

【0034】まず、認識辞書17は、カテゴリ毎に参照*

$$d(X', R_i) = (X' - R_i)^2$$

... (6)

次に識別部14は、上記(6)式に従って算出した距離の小さい順に(即ち両ベクトル X', R_i の一致度を示す評価値の大きい順に)、対応する参照ベクトル R_i の属するカテゴリを、認識候補として認識結果出力部15に出力する。

【0037】認識結果出力部15は、これを受けて識別部14から出力される認識候補を図示せぬ表示装置に表示出力する。以上が、認識処理の手順である。この認識処理から明らかなように、特徴選択辞書16の容量は選択特徴ベクトル X' の次元数に比例する。また、参照ベクトル R_i の次元数は、選択特徴ベクトル X' の次元数に一致するので、認識辞書17の容量も選択特徴ベクトル X' の次元数に比例する。

【0038】一方、認識処理に要する計算量(積和の演算回数)は、特徴選択部13と識別部14とで、特徴選択部13:(特徴ベクトル次元数)×(選択特徴ベクトルの次元数)回

識別部14:(全参照ベクトル数)×(選択特徴ベクトルの次元数)回

のようになり、やはり選択特徴ベクトルの次元数に比例する。

【0039】以上のことから、選択特徴ベクトルの次元

20 ☆ベクトルと呼ぶ、そのカテゴリを代表するベクトルを1つ以上有し、全カテゴリで合計M個(Mはカテゴリ数以上)の m 次元参照ベクトル集合 $\{R_1, R_2, \dots, R_M\}$ からなる。

【0035】このような認識辞書17の構造の場合、識別部14は、特徴選択部13により選択された m 次元の特徴ベクトル X' と認識辞書17を構成する各参照ベクトル R_i ($i=1 \sim M$)との距離 $d(X', R_i)$ を次式に従って計算する。

【0036】

数を低くするほど、認識辞書17の容量(辞書容量)を小さくでき、少ない演算量(計算量)で認識処理を実行できることになる。ここで、実際の選択特徴ベクトルの次元数は、本装置に要求される辞書容量と、計算量の制約により決定される。

【0040】明らかなように、選択特徴ベクトルの次元数を低くするほど、辞書容量、計算量の面からは有利になるが、その反面、認識辞書17の情報は落ちるため、認識性能の低下が予想される。

【0041】そこで本装置では、実際に学習パターンを認識させてみて、誤認識をできるだけ少なくするように、以下に述べる認識辞書17を修正するという競合学習を導入することにより、認識性能の向上を図っている。

(b) 辞書学習モードでの学習処理(認識辞書修正処理)

以下、図1の装置が辞書学習モードに設定された場合における学習処理について、図4のフローチャートを参照して説明する。

【0042】まず、前記したような、カテゴリ毎に参照ベクトルと呼ぶ、そのカテゴリを代表するベクトルを1つ以上有し、全カテゴリで合計M個の m 次元参照ベクトル

ル集合 $\{R_1, R_2, \dots, R_M\}$ からなる、初期状態の認識辞書17を作成しておく。この初期状態の認識辞書17を構成する各参照ベクトルは、例えば、カテゴリ毎にそのカテゴリに属する複数の学習パターンを選択特徴ベクトルの平均ベクトルとして設計されたものである。各カテゴリの参照ベクトルの個数は1つ以上であれば幾つでもよく、複数の場合には、初期値は全て平均ベクトルと同じにすればよい。

【0043】さて、図1の装置において辞書学習モードが設定された場合、制御部は、例えば磁気ディスク装置等の外部記憶装置に予め登録されている全ての学習パターンをデータ入力部11により順次入力させ、その都度、その学習パターンを(図2のフローチャートで示される手順で)実際に認識させて、その認識結果をもとに認識辞書17を修正するという一連の操作を、図4のフローチャートに従って目標とする学習回数(目標学習回数)だけ繰り返す。

【0044】即ち、学習回数をカウントするカウンタ値 t を初期値0に設定した後(ステップS11)、そのカウンタ値 t が目標学習回数(指定の学習回数)に達していないならば(ステップS12)、認識の対象とする学習パターンをカウントするカウンタ値 i を初期値0に設定する(ステップS13)。そして、カウンタ値 i が予め定められた(指定の)学習パターン数に達していないことから(ステップS14)、 i 番目の学習パターン(第 i 学習パターン)を図1の装置に与えて、図2のフローチャートで示される手順で認識させ(ステップS15)、その認識結果をもとに、認識辞書修正部18により、認識辞書17を修正させる(ステップS16)。このステップS16での修正処理の詳細は後述する。

$$h(X'_k) = f(g(X'_k)) \quad \dots (7)$$

$$g(X'_k) = d(X'_k, R_i) - d(X'_k, R_j) \quad \dots (8)$$

$$f(x) = 1 / \{1 + \exp(-\alpha x)\} \quad (\alpha > 0) \quad \dots (9)$$

ここで、関数 $d(X'_k, R_i)$ 、 $d(X'_k, R_j)$ は前記(6)式で定義した距離関数であり、前者は、学習パターンと同一カテゴリの参照ベクトルのうち最上位候補との一致度(距離が大きいほど一致度は低くなる)を表し、後者は学習パターンと異なるカテゴリの参照ベクトルのうち最上位候補との一致度を表す。また、関数 $f(x)$ は図5に示すようなシグモイド関数である。

【0050】以上のように定義された損失関数 $h(X'_k)$ は、学習パターンの選択特徴ベクトル X'_k と正解カテゴリの参照ベクトルとの距離が、不正解カテゴリとの距離よりも小さいほど小さい値(ここでは0に近い ※

$$L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h(X'_i) \quad \dots (10)$$

【0053】しかし、上記式(10)に示す L (関数 L)を最小とするような参照ベクトルを解析的に求めることは困難である。そこで本実施形態では、認識辞書修

【0045】ステップS16が終了すると、カウンタ値 i が+1され(ステップS17)、しかる後、上記ステップS14以降の処理、即ち次の学習パターンについての認識処理と、その認識処理の結果を用いた認識辞書17の修正処理が行われる。

【0046】やがて、予め定められた学習パターン数分の学習パターンについての認識処理と、その認識処理の結果を用いた認識辞書17の修正処理が全て実行されると、ステップS14からステップS18に進み、カウンタ値 t が+1される。そして、この+1後のカウンタ値 t (実際に行われた学習回数)が目標学習回数に達していないならば(ステップS12)、上記ステップS13以降の処理が再び行われる。

【0047】やがて、カウンタ値 t が目標学習回数に達すると、図4のフローチャートに従う一連の学習処理は終了となる。ここで、認識辞書修正部18による上記ステップS16での認識辞書修正処理は、ステップS15で学習パターンを認識させたときの誤認識による損失を定義して、その損失を小さくする方向に参照ベクトルを修正していくことにより行われ、その詳細は次の通りである。

【0048】まず本実施形態では、ある学習パターンの選択特徴ベクトル X'_k を認識させた場合に、その学習パターンと同一カテゴリ(正解カテゴリ)の参照ベクトルのうち最も上位候補であった参照ベクトルを R_i 、その学習パターンと異なるカテゴリ(不正解カテゴリ)の参照ベクトルのうち最も上位候補であった参照ベクトルを R_j とした場合に、 X'_k を認識させたときの損失関数 $h(X'_k)$ を次のように定義する。

【0049】

※値)となり、逆に大きいほど大きい値(ここでは1に近い値)となることから、誤認識の度合いを表す評価関数となっていることは明らかである。

【0051】これにより、全ての学習パターンの選択特徴ベクトル $\{X'_k | k=1, \dots, N\}$ についての、損失関数 $h(X'_k)$ の平均 L を、次式(10)のように定めると、この値 L が小さいほど良い識別系であるといえる。

【0052】

【数3】

正部18での認識辞書修正処理に周知の最急勾配法(最急降下法)を用いることにより、少しずつ参照ベクトルを修正(更新)していき、極小解を求めるようにしてい

11

る。

【0054】具体的には、学習パターンの選択特徴ベクトル X'_k を識別部14により認識させ、その学習パターンと同一カテゴリ（正解カテゴリ）の参照ベクトルのうち最も上位候補であった参照ベクトル R_i と、学習パターンと異なるカテゴリ（不正解カテゴリ）の参照ベクトルのうち最も上位候補であった参照ベクトル R_j と *

$$R_i \leftarrow R_i + \delta R_i$$

$$R_j \leftarrow R_j + \delta R_j$$

$$\begin{aligned} \delta R_i &= -\varepsilon(t) \frac{\partial h_k}{\partial R_i} \\ &= 2\varepsilon(t) h(X'_k) (1-h(X'_k)) (X'_k - R_i) \end{aligned}$$

... (11)

$$\begin{aligned} \delta R_j &= -\varepsilon(t) \frac{\partial h_k}{\partial R_j} \\ &= -2\varepsilon(t) h(X'_k) (1-h(X'_k)) (X'_k - R_j) \end{aligned}$$

... (12)

【0056】なお、上記のルール中の $\varepsilon(t)$ は学習の速度を決めるためのもので、正の値をとるカウンタ値 t （学習パターン提示回数 t ）の減少関数であり、例えば、 $\varepsilon(t) = 1/(t+10)$ が用いられる。

【0057】このようなルールで認識辞書17の修正を指定回数繰り返すことにより、誤認識による損失が小さい認識辞書17、即ち誤認識の少ない認識性能の良い認識辞書17に修正することができる。

【0058】図1の装置で、上記のようにして修正された認識辞書17を用いて手書き文字認識を行った場合の、計算量（認識辞書容量）に対する認識性能（認識率）を表す折れ線グラフを、従来手法である部分空間法と対比させて図6に示す。なお、ここでの認識対象は片仮名文字である。

【0059】図6中、横軸は、（従来から知られている）256次元特徴の16次元部分空間による部分空間法の積和演算量を1とした場合の積和演算量の比を表しており、対数スケールとなっている。この積和演算量の比は認識辞書容量の比と考えても同じである。一方、縦軸は、認識率を表している。

【0060】さて、図6中、符号61で示される折れ線グラフは、本実施形態の装置における認識性能を表しており、256次元特徴からそれぞれ16次元特徴、32次元特徴、64次元特徴、128次元特徴を選択した場合に、参照ベクトルを各カテゴリにつき1つとして認識した場合の認識結果（認識率）を線でつないだものである。

【0061】次に、符号62で示される折れ線グラフは、特徴選択をしていない256次元特徴をそのまま使

12

*を、損失関数 $h(X'_k)$ を参照ベクトル R_i, R_j で微分した値、即ち参照ベクトル空間における損失関数 $h(X'_k)$ の勾配を用いて、次のようなルールに従い損失関数 $h(X'_k)$ が減少する方向に認識辞書修正部18にて少しずつ修正（更新）する。

【0055】

【数4】

... (11)

... (12)

... (13)

... (14)

用して、その256次元特徴に対して部分空間法を適用した手法の認識性能を示しており、部分空間次元数を1次元、2次元、4次元、8次元、16次元にした場合の認識結果を線でつないだものである。

【0062】同様に、符号63、64、65、66で示される折れ線グラフは、それぞれ16次元特徴、32次元特徴、64次元特徴、128次元特徴を選択し、その選択した特徴に対して部分空間法を適用した手法（特徴選択+部分空間法）の認識性能を示しており、いずれも部分空間次元数を1次元、2次元、4次元、8次元、16次元にした場合の認識結果を線でつないだものである。このグラフ63～66の例では、特徴選択を行うことで、グラフ62の例と比べて積和演算量及び認識辞書容量を減らしてはいるが、本実施形態のように認識辞書修正を行っていないため、認識性能は劣る。

【0063】即ち、従来から知られている、部分空間法と、特徴選択+部分空間法とを比較すると、特徴選択+部分空間法では、例えば64次元特徴を選択して積和演算量を1/4にしても、部分空間法と同程度の認識性能が得られることが分かる。しかし、それ以上選択次元数を下げると、認識性能が著しく低下する。

【0064】次に、部分空間法と本実施形態での手法とを比較すると、本実施形態での手法では、積和演算量を約1/30にしても、部分空間法と同程度の認識性能が得られることが分かる。

【0065】このように、図6からは、本実施形態での手法は、特徴選択によって認識処理に必要な計算量を低く抑ええると共に、認識辞書17を学習により修正することで、高い認識精度を維持できることが読み取れ、本

13

実施形態での手法の効果が確認できる。

〔第2の実施形態〕図7は本発明の第2の実施形態に係るパターン認識装置の概略構成を示すブロック図である。この図7の構成の特徴は、図1の構成に、識別部14の認識結果に基づいて誤認識の度合いを検出し、その誤認識の度合いが小さくなるように特徴選択辞書16を修正する特徴選択辞書修正部19を追加した点にあり、辞書学習モードにおいて、認識辞書17だけでなく特徴選択辞書16も修正する点で、図1の構成と異なっている。即ち、図1の構成では、主成分分析により作成した特徴選択辞書16をそのまま使用していたが、図7の構成では、当該特徴選択辞書16を学習により修正することで、更に識別に有利な特徴選択を可能とし、認識性能の一層の向上を図るようにしている。なお、認識モードでの認識処理は、前記第1の実施形態と同様に図2のフローチャートに従って行われる。

【0066】以下、辞書学習モード時の動作(学習処理)を特徴選択辞書修正部19による特徴選択辞書修正処理を中心に図8のフローチャートを参照して説明する。図7の装置において辞書学習モードが設定された場合、制御部は、外部記憶装置に予め登録されている全ての学習パターンをデータ入力部11により順次入力さ

$$P \leftarrow P + \delta P$$

$$R_i \leftarrow R_i + \delta R_i$$

$$R_j \leftarrow R_j + \delta R_j$$

$$\delta P = -\varepsilon(t) \frac{\partial h_k}{\partial P}$$

$$= 2\varepsilon(t) h(X'_k) (1-h(X'_k)) (R_k - R_j) X'^T$$

$$\delta R_i = -\varepsilon(t) \frac{\partial h_k}{\partial R_i}$$

$$= 2\varepsilon(t) h(X'_k) (1-h(X'_k)) (X'_k - R_i)$$

$$\delta R_j = -\varepsilon(t) \frac{\partial h_k}{\partial R_j}$$

$$= -2\varepsilon(t) h(X'_k) (1-h(X'_k)) (X'_k - R_j)$$

【0069】ここでは、式(15)、式(18)により、損失関数 $h(X'_k) = h(PX_k)$ を特徴選択辞書(特徴選択辞書行列)Pで微分した値、即ち特徴選択辞書参照パラメータ空間における損失関数 $h(X'_k) = h(PX_k)$ の勾配を用いて、特徴選択辞書P、即ち特徴選択辞書16が修正される。

14

*せ、その都度、その学習パターンを(図2のフローチャートで示される手順で)実際に認識させ、その認識結果をもとに認識辞書17及び特徴選択辞書16を修正するという操作を、図8のフローチャートに従って目標とする学習回数だけ繰り返す(ステップS21~S27)。前記第1の実施形態との違いは、第1の実施形態におけるステップS16に相当する修正処理ステップS26で、認識辞書17だけでなく特徴選択辞書16も修正する点である。

【0067】このステップS26における認識辞書17及び特徴選択辞書16の修正は、前記第1の実施形態と同様な損失関数 $h(X'_k) = h(PX_k)$ を定義して、これを小さくする方向に最急勾配法(最急降下法)で特徴選択辞書16を修正していくことにより次のように行われる。但し、本実施形態で適用される初期状態の特徴選択辞書16($=P$)は、前記第1の実施形態の場合と同様に主成分分析により作成されたものであるとする。また、初期状態の認識辞書17は、この初期状態の特徴選択辞書16を用いて前記第1の実施形態の場合と同様に主成分分析により作成されたものであるとする。

【0068】

【数5】

$$\dots (15)$$

$$\dots (16)$$

$$\dots (17)$$

$$\dots (18)$$

$$\dots (19)$$

$$\dots (20)$$

【0070】一方、参照ベクトル R_i の修正(式(16)、式(19))と参照ベクトル R_j の修正(式(17)、式(20))は、前記第1の実施形態における参照ベクトル R_i の修正(式(11)、式(13))と参照ベクトル R_j の修正(式(12)、式(14))と同様である。

【0071】このようなルールで認識辞書17及び特徴選択辞書16の修正を指定回数繰り返すことにより、誤認識による損失が小さい認識辞書17及び特徴選択辞書16に修正することができる。

【0072】図7の装置(本実施形態の認識手法)で、上記のようにして修正された認識辞書17及び特徴選択辞書16を用いて類似文字の認識(識別)を行った場合の認識性能を、図1の装置(第1の実施形態の認識手法)での認識性能及び従来の手法である特徴選択+部分空間法での認識性能と対比させて図9に示す。この例では、特徴選択により64次元特徴を選択しているものとする。また、部分空間法では3次元の部分空間を利用し、前記第1の実施形態及び本実施形態(第2の実施形態)では、参照ベクトル数を各カテゴリ3つとして、同じ計算量で比較している。

【0073】図9から明らかなように、第2の実施形態の認識手法は、従来手法は勿論、前記第1の実施形態より高い認識性能が実現できる。なお、前記実施形態(第1及び第2の実施形態)における辞書学習モードでは、予め用意されている複数の学習パターンを1パターンずつ入力し、その都度、その学習パターンを実際に認識させて、その認識結果をもとに辞書(認識辞書17、或いは認識辞書17と特徴選択辞書16)を修正するという一連の操作を、目標学習回数だけ繰り返すものとしたが、これに限るものではない。例えば、1つの学習パターンについて、その学習パターンを入力して実際に認識させ、その認識結果をもとに辞書を修正するという操作を目標学習回数だけ繰り返すと、次の学習パターンに切り替えるようにしても構わない。但し、この方式では、1つの学習パターンを用いた辞書の学習処理が目標学習回数繰り返されないと、次の学習パターンに切り替えられないため、一連の学習処理の終了後の辞書(認識辞書17、或いは認識辞書17と特徴選択辞書16)には、一連の学習処理の早い段階で用いられた学習パターン(のカテゴリ)についての学習結果は反映されなくなる虞がある。したがって、前記実施形態で適用した手順で学習処理を行った方が学習効果を高めることができる。

【0074】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、特徴選択により識別に使用する特徴量を削減するようにしたので、認識辞書容量及び認識計算量を低く抑えることができ、しかも学習パターンに対する認識結果に基づいて競合学習により認識辞書を修正するようにしたので、その修正された認識辞書を使用した認識処理が可能となり、高精度の認識性能を実現できる。

【0075】また本発明によれば、認識辞書だけでなく、特徴選択辞書も学習パターンに対する認識結果に基づいて修正することで、その修正された特徴選択辞書を用いた特徴選択が可能となり、識別に有効な特徴を選択できるようになり、一層高精度の認識性能を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るパターン認識装置の概略構成を示すブロック図。

【図2】図1の装置が認識モードに設定された場合における認識処理を説明するためのフローチャート。

【図3】入力文字パターンからの特徴ベクトル抽出を説明するための図。

【図4】図1の装置が辞書学習モードに設定された場合における認識辞書の学習処理を説明するためのフローチャート。

【図5】損失関数を定義するのに用いられるシグモイド関数を示す図。

【図6】図1の装置における学習処理で修正された認識辞書17を用いて手書き文字認識を行った場合の、計算量(認識辞書容量)に対する認識性能(認識率)を表す折れ線グラフを、従来手法である部分空間法と対比させて示す図。

【図7】本発明の第2の実施形態に係るパターン認識装置の概略構成を示すブロック図。

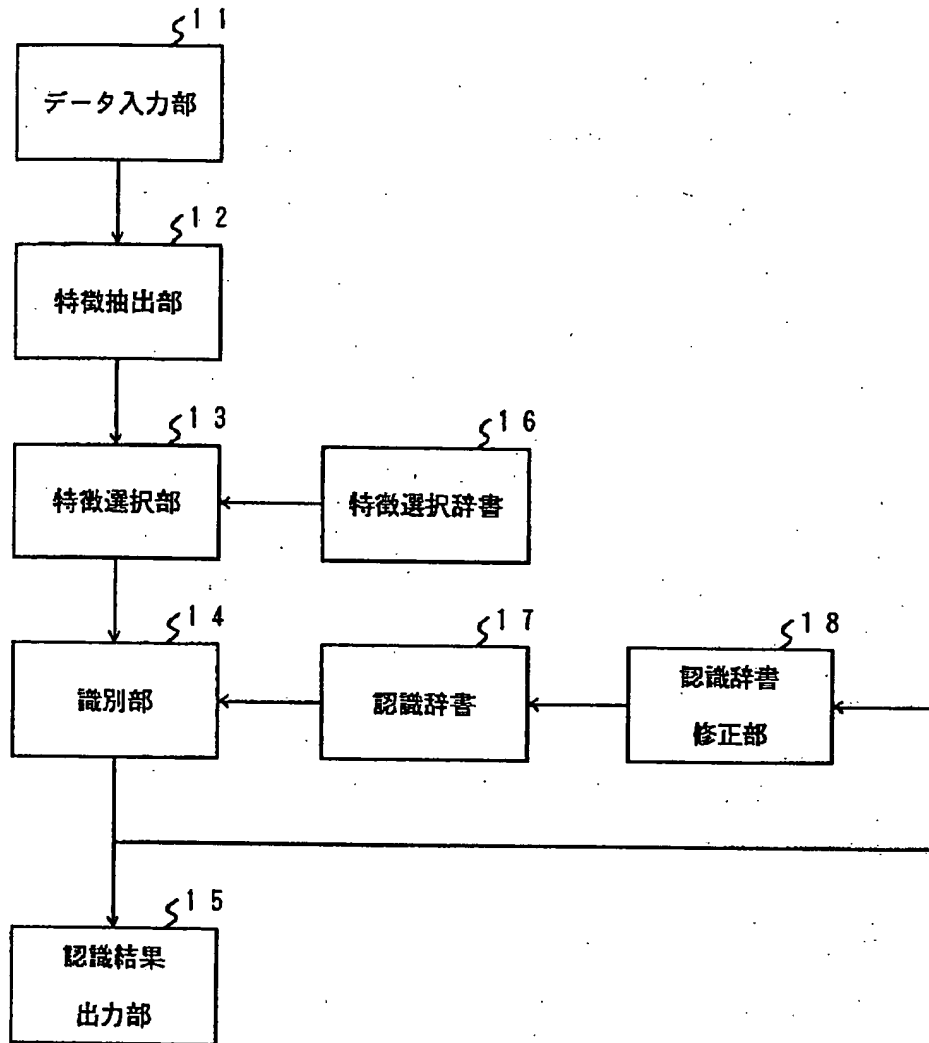
【図8】図7の装置が辞書学習モードに設定された場合における認識辞書及び特徴選択辞書の学習処理を説明するためのフローチャート。

【図9】図7の装置における学習処理で修正された認識辞書17及び特徴選択辞書16を用いて類似文字の認識(識別)を行った場合の認識性能を、図1の装置(第1の実施形態の認識手法)での認識性能及び従来の手法である特徴選択+部分空間法での認識性能と対比させて示す図。

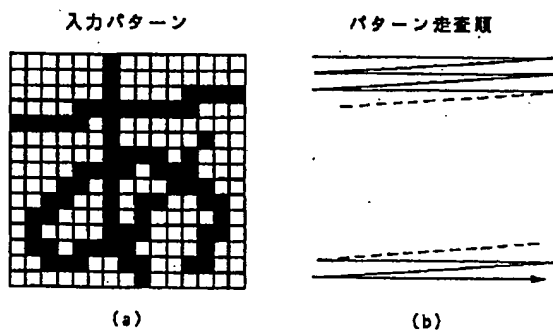
【符号の説明】

- 11…データ入力部、
- 12…特徴抽出部、
- 13…特徴選択部、
- 14…識別部、
- 15…認識結果出力部、
- 16…特徴選択辞書、
- 17…認識辞書、
- 18…認識辞書修正部、
- 19…特徴選択辞書修正部。

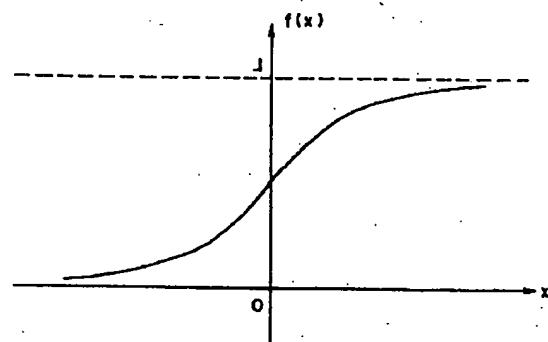
【 図1 】



【 図3 】



【 図5 】

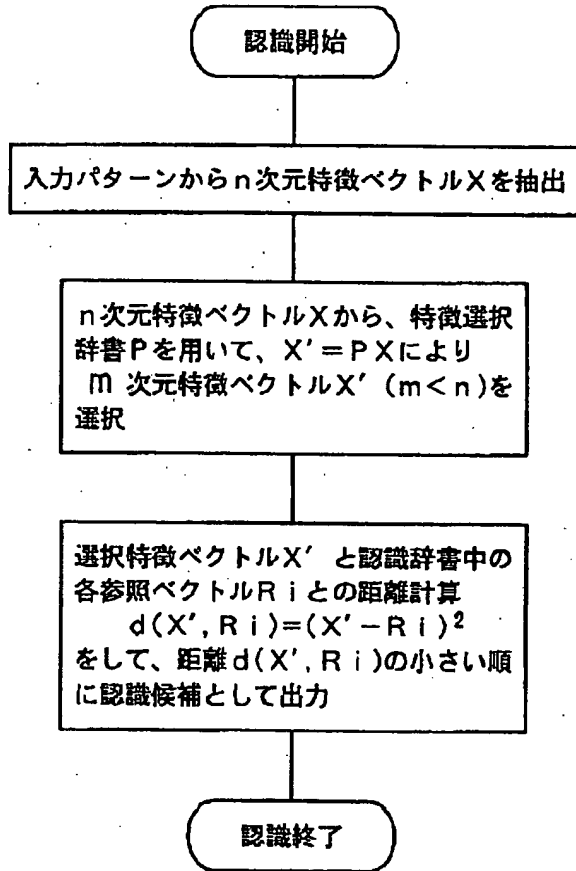


特徴ベクトル

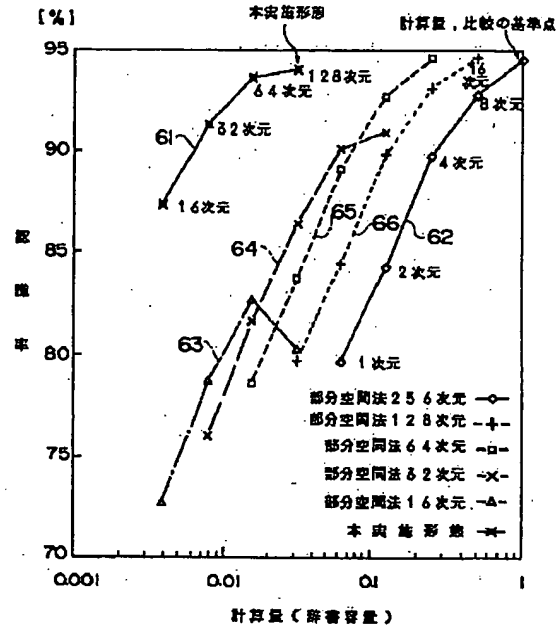
(0000001000000000 ... 0000000010000000)

(c)

【 図2 】



【 図6 】



【 図9 】

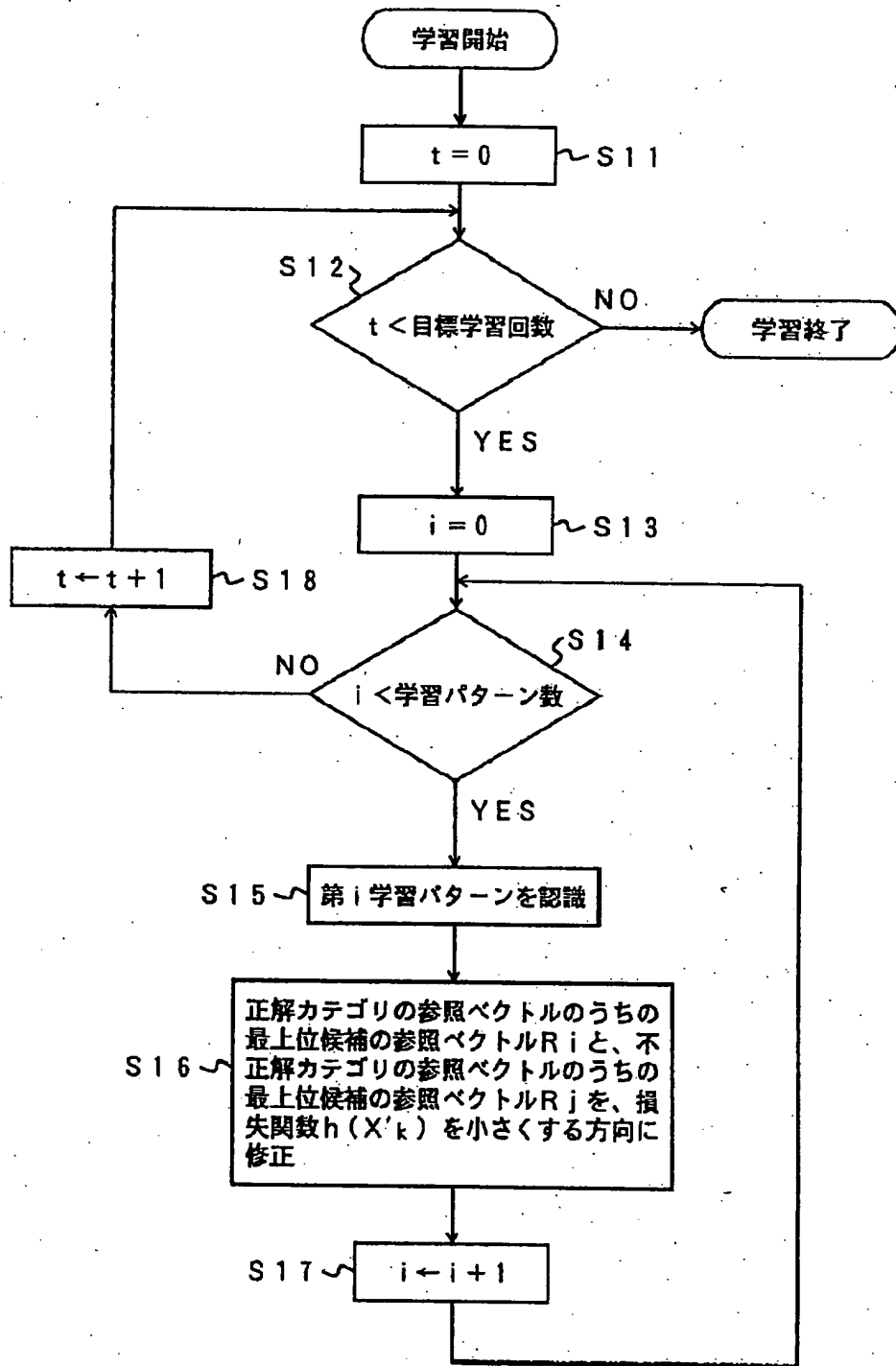
| | 文字セット1 | 文字セット2 | 文字セット3 |
|--------------------|---------|---------|---------|
| 特徴選択 + 部分空間法 | 81.02 % | 74.64 % | 85.21 % |
| 第1の実施形態 | 88.43 % | 84.24 % | 92.57 % |
| 第2の実施形態 | 91.30 % | 88.89 % | 96.18 % |

文字セット1 : 栗, 栗, 栗

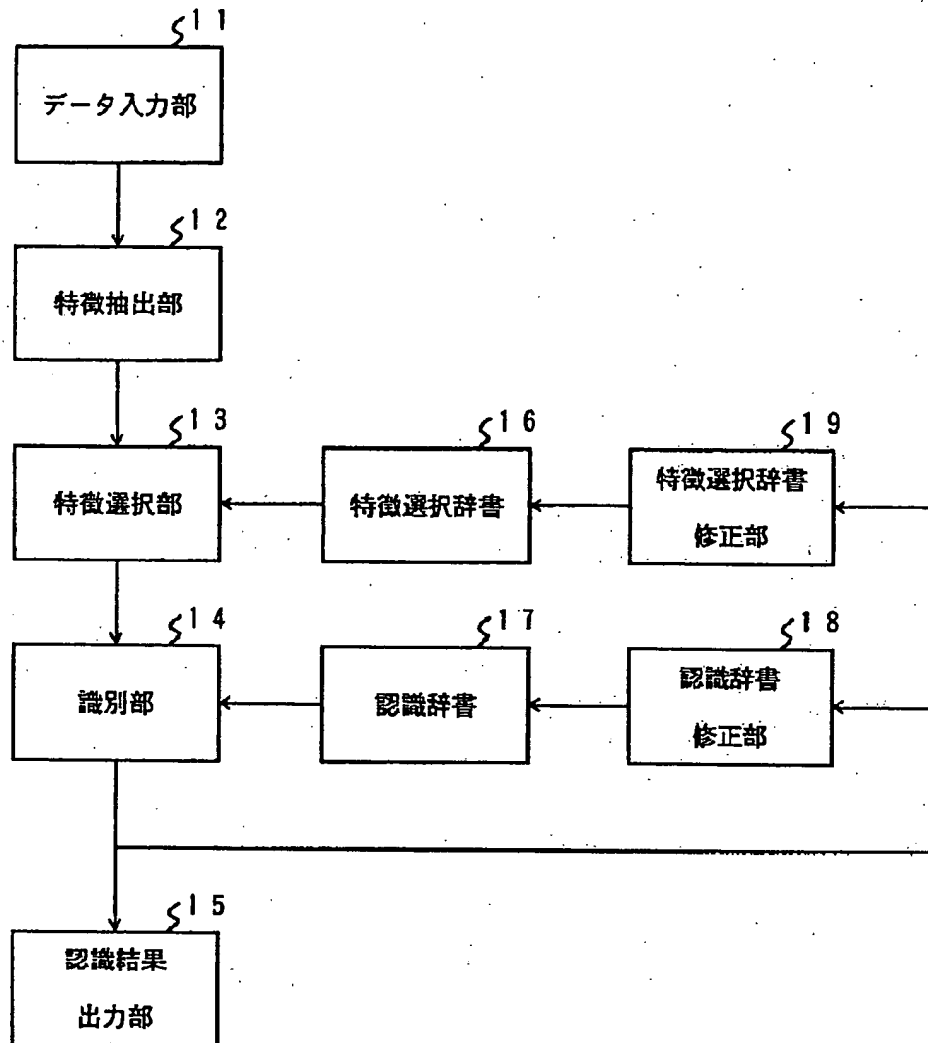
文字セット2 : 又, 丈, 又, 文

文字セット3 : 泰, 泰, 泰, 泰

【 図4 】



【 図7 】



【 図8 】

